

(2)

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】イオンを発生させるイオン源と、被処理基体が収容配置されるエンドステーションとの間に形成されるビーム経路に、前記イオン源から引き出したイオンを質量分離する質量分離器と、前記質量分離されたイオンからなるイオンビームを所定のエネルギーにまで加速する加速器とを少なくとも備えたイオン注入装置において、前記加速器が、前記イオンビームを周回させる環状通路と、前記環状通路内のイオンビームに所定電圧を印加する高周波電極と、前記環状通路内のイオンビームの軌道を修正するビーム偏向手段とを含むことを特徴とするイオン注入装置。

【請求項2】前記ビーム偏向手段が、前記環状通路内に前記イオンビームの軌道修正用電場空間を形成する電極群からなることを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

【請求項3】前記環状通路が、前記ビーム経路に対して並列的に複数段配置され、これら複数の環状通路から前記所定のエネルギーに達したイオンビームが同時に、または交互に出射されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のイオン注入装置。

【請求項4】前記加速器にて加速されたイオンビームを前記被処理基体に対してスキャンするスキャナが設けられ、該スキャナのスキャン周波数が、前記加速器からパルス状に出射されるイオンビームのパルス間隔よりも小さく設定されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のイオン注入装置。

【請求項5】前記エンドステーションには、前記被処理基体に対するイオン照射領域またはイオン注入領域を定める開口部を備えた導電性のマスク部材が、前記被処理基体に離間して配置される請求項1から請求項4のいずれかに記載のイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造用のイオン注入装置に関し、更に詳しくは、イオン源から引き出したイオンを加速する加速器を小型化して装置占有面積の低減を図ったイオン注入装置に関する。

【0002】

【従来の技術】イオン注入装置は、運動エネルギーをもったイオンを照射して試料の物性を制御する装置として、半導体製造分野に広く用いられており、例えばMOSFETにおけるソース／ドレイン、チャネル層（反転層）等の形成プロセスに利用されている。

【0003】従来のイオン注入装置の一構成例を図10に示す。すなわち、従来のイオン注入装置1は、イオンを発生させるイオン源2と、被処理基体としての半導体ウェーハ（以下、単にウェーハという。）Wが収容配置されるエンドステーション3と、これらイオン源2とエ

ンドステーション3との間に形成されるビーム経路とを有し、このビーム経路には、イオン源2から引き出したイオンを質量分離して所望のイオンを選択する質量分離器4と、質量分離されたイオンからなるイオンビームLを所定のエネルギーにまで加速する加速器5と、加速されたイオンビームLを集束するQレンズ6と、イオンビームLを静電界によってY方向に偏向させるY方向偏向器7と、同じくX方向に偏向させるX方向偏向器8とから構成されている。

【0004】従来のイオン注入装置1の加速器5は、絶縁体5bを介在させた電極5aの多段構造を有し、これら電極5aに所定の直流加速電圧を分割して印加することにより電極5a間に形成される電場によってイオンを加速するように構成されている。このため、イオン源2（引出電極を含む。）および質量分離器4を、イオンを上記所定の加速エネルギーに高めるための高電圧ターミナル9に収容しており、その外方には、シールドボックス10を配置して高電圧ターミナル9と外部との間の電磁的相互作用を遮るようにしている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】さて、従来のイオン注入装置1は、上述したようにイオンビームLを加速する加速器5として直線的な加速管を用いているため、質量分離器4からエンドステーション3までの直線的距離が長くなるのは勿論、当該加速器5は直流電圧によってイオンビームを所定のエネルギーにまで加速するようになっているため、高電圧ターミナル9を当該加速電位に維持するための構造的不利を伴うとともに、高電圧ターミナル9とシールドボックス10との間の空間耐圧を確保する関係上、当該シールドボックス10に大きな容積が必要となり（縦・横・高さで約5m～6m）、これによる装置の設置スペースの増大が余儀なくされているという問題を有している。また、高周波電極を多重に直列配置したリニアックも同様な問題がある。

【0006】特に、半導体装置の製造に用いられるイオン注入装置は、注入イオンの種類等に応じて多機種配備されるため、クリーンルーム内におけるイオン注入装置の設置占有面積の増大が大きな問題となっており、小型で高エネルギーのイオン加速が可能なイオン注入装置の実現が強く望まれているのが現状である。

【0007】本発明は上述の問題に鑑みてなされ、小型で、高エネルギーのイオン加速が可能なイオン注入装置を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】以上の課題は、イオンを発生させるイオン源と、被処理基体が収容配置されるエンドステーションとの間に形成されるビーム経路に、前記イオン源から引き出したイオンを質量分離する質量分離器と、前記質量分離されたイオンからなるイオンビームを所定のエネルギーにまで加速する加速器とを少なく

(3)

3

とも備えたイオン注入装置において、前記加速器が、前記イオンビームを周回させる環状通路と、前記環状通路内のイオンビームに所定電圧を印加する高周波電極と、前記環状通路内のイオンビームの軌道を修正するビーム偏向手段とを含むことを特徴とするイオン注入装置、によって解決される。

【0009】質量分離された所望のイオンからなるイオンビームは、加速器の環状通路に導入されるとともに、当該環状通路を周回する。イオンビームの周回周期に同期して上記高周波電極には所定電圧の交流電圧が印加され、イオンビームは当該高周波電極を通過する度に加速エネルギーが増大される。加速エネルギーが所定値に達すると、イオンビームは環状通路からビーム経路へ導出されて被処理基体へ照射される。このときイオンビームは、加速器からパルス状に出射される。

【0010】本発明によれば、高周波電源を加速源とするシンクロトロン方式の加速器を採用することによって、従来のイオン注入装置で用いられていた直線状の直流型や交流型の加速器を廃止することができ、また、従来のイオン注入装置で必要とされていた高圧ターミナルおよびシールドボックスの配備が不要となることから、小型で、高エネルギーのイオン加速が実現可能なイオン注入装置を得ることができる。

【0011】ビーム偏向手段としては、請求項2に記載のように上記環状通路内にイオンビームの軌道修正用電場空間を形成する複数枚の電極群で構成することにより、簡素な構成で容易にイオンビームの軌道修正制御を行うことができる。なお、このような静電界によるビーム偏向に限らず、ローレンツ力(電磁力)によるビーム偏向を行うように構成してもよい。

【0012】本発明に係るイオン注入装置では、加速器から出射されるイオンビームはパルス状になる。そこで、請求項3に記載のように上記環状通路をビーム経路に対して並列的に複数段配置し、これら複数の環状通路からイオンビームを同時または位相をずらして交互に出射せざるようすれば、単位時間当たりのイオン注入量(打込み量)を高めることができる。

【0013】上記構成の加速器で所定のエネルギーに加速したイオンビームを被処理基体に対してスキャンするスキャナを設ける場合には、請求項4に記載のように当該スキャナのスキャン周波数を加速器から出射されるイオンビームのパルス間隔よりも小さく(好ましくは、パルス間隔の1/10以下に)設定することによって、見かけ上、連続ビームとしてイオンビームを照射することが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施の形態について図面を参照して説明する。

【0015】図1は本発明の第1の実施の形態によるイオン注入装置の概要を示している。本実施の形態のイオ

(3)

4

ン注入装置20は、イオンを発生させるイオン源21と、被処理基体であるウェーハ(半導体ウェーハ)Wが収容配置されるエンドステーション22とを結ぶビーム経路に、主として、引出電極23、質量分離器24、スリット25、加速器26、スキャナ27及びビームマスク28が、イオン源21側から順に配置されている。

【0016】イオン源21は公知の構成を有し、各種元素のプラズマを生成することによりイオンを発生させるもので、放電の種類により直流型、高周波型及びマイクロ波型に分類されるが、いずれのタイプでも適用可能である。引出電極23は、イオン源21で発生したイオンを外部へ引き出すためのもので、イオン源21との間に所定の直流電圧が印加されている。また、イオンビームに集束作用をもたせるため、引出電極23は2つの電極より構成されている。質量分離器24もまた公知の構成を有し、イオン源21から引き出した種々のイオンから、必要とするイオンのみを選択するための電磁石が設けられており、同一磁場中で各種イオンがその質量に従って異なる軌跡を描くのを利用して、磁場の強さを調整し、目的とするイオンのみを取り出すようにしている。

【0017】加速器26は、従来の直流型加速管と異なり、イオンビームを周回させながら加速エネルギーを印加する方式のシンクロトロン加速器として構成される。すなわち、グランド電位に接続されたアルミニウム又はステンレス等の金属材料からなる加速器本体31には、図2をも参照して、イオンビームの周回トラックとなる所定真真空度に保たれた環状通路32が形成されており、その通路断面の内径は例えば50~60mmとされる。この環状通路32には、イオンビームに加速電圧を印加する高周波電極33と、環状通路32内においてイオンビームの軌道修正を行うためのビーム偏向手段として、複数の電極群35a, 35b, 36a, 36bとが設けられている。

【0018】図3に示すように、高周波電極33は筒状を呈し、環状通路32の周壁の一部を構成するよう絶縁体37を介して本体31に配置されている。高周波電極33とこれに交流電圧を印加する高周波電源34との間は、本体31に対して碍子39で支持される導線38を介して接続されている。高周波電源34は、環状通路32を周回するイオンビームの回転周期(例えば数MHz)に同期した高周波電界を形成するように構成されている。また、高周波電源34は1つとし、制御の容易化が図られている。

【0019】ビーム偏向手段としての複数の電極群35a, 35b, 36a, 36bは、環状通路32のコーナー部(円弧状のトラック部分)にそれぞれ相対向して、図4に示すように環状通路32の周壁に対し絶縁体41を介して配置されている。そして、環状通路32の外側に配置される一方側の電極35a, 35bは、本体31に対して碍子43により支持される導線44を介して可

(4)

5

変直流電源42の正極に接続され、また、環状通路32の内側に配置される他方側の電極35b, 36bには、本体31に対して碍子46により支持される導線47を介して可変直流電源45の負極に接続されている。

【0020】各々の可変直流電源42, 45は、イオンビームが環状通路32の中心部を巡回するような電圧に設定されるとともに、イオンビームの周回数の増加に対応してその巡回軌道を維持するために、電源電圧がそれぞれ同期して時間的に増大するような構成が採られている。

【0021】なお、図2に示すように電極35a, 35bが配置される円弧状トラック部分から電極36a, 36bが配置される円弧状トラック部分へ向かう直線状トラック部分には、イオンビームを集束させるための集束レンズ48a, 48bが設けられており、この位置でビーム形状の修復がなされる。

【0022】加速器26の後段に位置するスキナ27は、ウェーハW上のイオン注入領域に対してイオンビームをスキャンするための偏光器として構成され、電磁式、静電式いずれの構成も採用可能である。ビームマスク28は、ウェーハWに対するイオンビームの照射領域を制限するための導電性のマスクとして構成され、イオンの通過を許容する開口の大きさが可変となっている。

【0023】次に、本実施の形態の作用について説明する。

【0024】イオン源21にて生成されたイオンは、引出電極23により引き出された後、質量分離器24においてウェーハWに注入すべきイオンが選択される。質量分離器24から導出された所望のイオンからなるイオンビームは、スリット25を介して加速器26に導入される。

【0025】図2を参照して、加速器26に導入されたイオンビームは、入口49から環状通路32に入り、高周波電極33を通過する際に所定電圧（例えば100kV）が印加され、加速される。すなわち、正電荷のイオンに対し、高周波電極33は負極のときは引力として作用し、正極のときは斥力として作用するので、イオンが高周波電極33へ進入する時と通過する時とで電極33の極性を変化させることによって（進入時は負、通過時は正）、イオンが加速される。

【0026】高周波電極33を通過し加速されたイオンビームは、電極35a, 35bにより形成される電場空間で軌道が180°修正された後、集束レンズ48a, 48bによる集束作用を受けてビーム形状が修復される。次いで、電極36a, 36bにより形成される電場空間で軌道が更に180°修正され、再び高周波電極33において所定電圧が印加され、加速される。

【0027】このようにして、加速器26内においてイオンビームは環状通路32を周回しながら加速され、これが所定のエネルギー（例えば1~2MeV）にまで加

6

速されると、電極35a, 35b間への電圧印加が一時解除され、イオンビームが出口50からウェーハWへ向けて出射される。なお、その後、電極35a, 35b, 36a, 36b間の電場の大きさは初期値に戻され、上記と同様な作用で次なるイオンビームの偏向が行われる。

【0028】イオンビームは加速器26内の高周波電極33で加速されることになるが、高周波電極33が正極に変化してこれを通過するイオンに斥力を作用する際、同時に高周波電極33に進入するイオンにも斥力が作用して当該イオンの進入を妨げる。このため、加速器26から出射されるイオンビームは、図5に示すようにパルス間隔 τ のパルスピームとなる。そこで、イオンビームのパルス間隔 τ は、なるべく短時間となるよう設定するのが好ましく、これにより、1パルス当たりのビーム電流を大きくすることなく、単位時間当たりのイオン注入量を確保することが可能となる。

【0029】また、高周波電極33におけるイオンビームの加速時、上述したように後続するイオンに対する高周波電極33への進入阻害作用によって、当該イオンが飛散し環状通路32の周壁との衝突によりコンタミを発生させるおそれがあるため、本実施の形態では図6に示すように、高周波電極33の入口周辺にグラファイト又は炭化ケイ素（特に立方晶系閃亜鉛鉱型構造のβ型）等からなるビームダンパー51を設置して、コンタミの発生を抑制するようにしている。

【0030】さて、加速器26で所定のエネルギーに加速されたイオンビームは、スキナ27のスキャン作用を受けてウェーハW上のイオン注入領域へ照射される。

このとき、スキナ27は、加速器26から出射されるイオンビームのパルス間隔よりも小さい周波数で、好ましくはパルス間隔の1/10以下の周波数で、イオンビームをスキャンする。これにより、イオン照射領域の偏在化を回避して、見かけ上、連続ビームとしてイオンビームを照射することが可能となる。

【0031】以上のように本実施の形態のイオン注入装置20によれば、イオンビームを所定のエネルギーに加速する加速器26を高周波電源34を加速源とするシンクロトロン型の加速器で構成したので、従来のような直流直線型加速管等を用いたイオン注入装置と比較して、質量分離器24からエンドステーション22までの幾何学的距離を短くでき、また、高圧ターミナルおよびシールドボックスの配備が不要となることから、装置の設置占有面積を大きく低減することができる。

【0032】特に、本実施の形態では加速器本体31は、少なくとも縦、横が1m程度、高さが十数cm程度あれば十分であるので、従来に比べてはるかに小型化することが可能となるとともに、イオン源21からエンドステーション22までのビーム経路を1つの真空チャンバで構成することも可能となる。

(5)

7

【0033】図7は本発明の第2の実施の形態によるイオン注入装置の概要を示している。なお、図において上述の第1の実施の形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【0034】本実施の形態のイオン注入装置60は、加速器61の本体62内に、上述と同様な構成の環状通路63A、63B、63Cをビーム経路に対して並列的に複数段（本実施の形態では3段）配置形成した点が、第1の実施の形態の構成と異なる。質量分離器24で選択された所望のイオンからなるイオンビームは、スキャナ68その他の適当な偏向器を用いて各環状通路63A～63Cの入口65A～65Cに平行に入射させ、高周波電極64A～64Cによって各イオンビームをそれぞれ所定のエネルギーに達するまで環状通路63A～63Cを周回させた後、偏光器69a及び69bによってスキャナ27へ導く構成となっている。

【0035】そして、スキャナ68のスキャン作用によりイオンビームを環状通路63A～63Cへ所定の位相差をつけて交互に入射させるようにすれば、上述の第1の実施の形態と同様に各々パルス間隔 τ で加速器61の出口66A～66Cから出射されるイオンビームA～Cが、図8に示すように全体的にパルス間隔が τ' で出射されることになり、第1の実施の形態に比べてイオンビームのパルス間隔の短縮化を図ることが可能となる。これにより、ほとんど連続ビームとしてウェーハWへイオンを照射して、単位時間当たりのイオン注入量（打込み量）を増大させることができる。

【0036】一方、出口66A～66Cから同時にイオンビームA～Cを出射させるようにすれば、1パルス当たりのビーム電流を大きくしてイオン注入量の増加を図ることができる。

【0037】本実施の形態のイオン注入装置60によれば、上述のような作用効果を得ることができるとともに、加速器本体62をそれほど大きくすることなく加速器61を構成することができるので、第1の実施の形態におけるイオン注入装置20と同程度の設置占有面積で据え付けることが可能である。

【0038】以上、本発明の各実施の形態について説明したが、勿論、本発明はこれらに限定されことなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

【0039】例えば、エンドステーション22に設けられるマスク28の開口の大きさを、ウェーハWに形成される半導体チップの大きさに略等しくするとともに、この開口を通過するイオンビームがウェーハWに対して垂直に入射するようにウェーハWをティルトさせることにより、ウェーハ全面に対するイオンの注入均一性を高めることができる。

【0040】また、上記マスク28に代えて、例えば図9に示すようにウェーハWに対するイオン注入領域を定

8

める開口部72aを備えた導電性のマスク部材72をウェーハWに離間して配置するようすれば、ウェーハWにレジストパターンを形成することなく所望の注入領域ヘイオンを注入することができ、これにより、従来行われているウェーハWへのレジスト塗布、露光、現像、イオン注入後のレジストアッシング及びレジスト剥離の各工程を不要として、半導体装置の製造プロセスの簡素化を図ることが可能となる。

【0041】なお、マスク部材72は、イオンビームが通過する透孔73aを備えたホルダ73に対して静電チャック74を介して支持され、ステージ（プラテン）71上に載置されたウェーハWの上面に対して数μm～数十μmの間隙をおいて対向配置される。

【0042】更に、以上の各実施の形態によれば、環状通路32、63A～63Cを本体31、62内に形成したが、これに限らず、これらの環状通路を環状のチューブ体で構成するようにしてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のイオン注入装置によれば、装置の設置占有面積を従来よりもはるかに小さくしながら、高エネルギーのイオン加速を実現することができる。

【0044】また、請求項2の発明によれば、簡素な構成で容易にイオンビームの軌道修正制御を行うことができ、請求項3の発明によれば、単位時間当たりのイオン注入量を高めることができる。更に、請求項4の発明によれば、見かけ上、連続ビームとしてイオンビームを照射することができる。

【0045】最後に、請求項5の発明によれば、ウェーハ面内における注入均一性を高めることができる。あるいは、従来行われているウェーハWへのレジスト塗布、露光、現像、イオン注入後のレジストアッシング及びレジスト剥離の各工程を不要として、半導体装置の製造プロセスの簡素化を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるイオン注入装置の概略構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態における加速器の概略構成図である。

【図3】図2における要部の詳細を示す側断面図である。

【図4】図2における他の要部の詳細を示す側断面図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態におけるイオンビームの発生形態を示す図である。

【図6】図2における更に他の要部の詳細を示す側断面図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態によるイオン注入装置の概略構成図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態におけるイオンビ-

(6)

9

ムの発生形態を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態の変形例を示す要部の側断面図である。

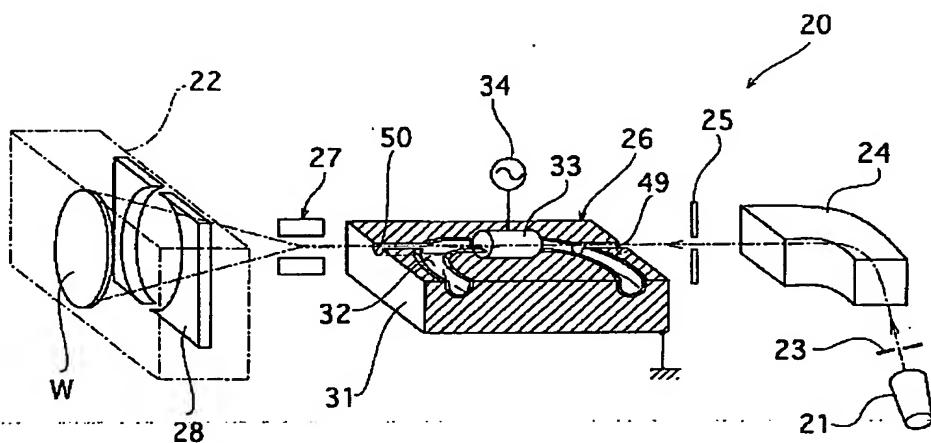
【図10】従来のイオン注入装置の一構成例を示す図である。

【符号の説明】

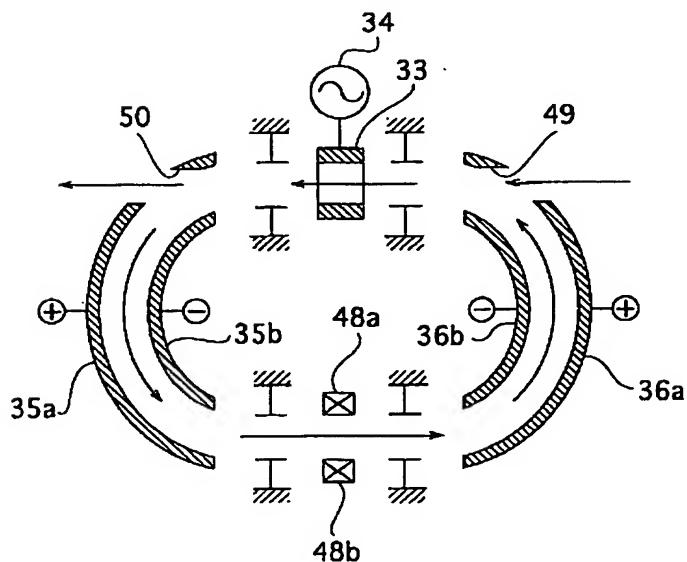
20 イオン注入装置
 21 イオン源
 22 エンドステーション
 23 引出電極
 24 質量分離器
 26 加速器
 27 スキャナ
 28 マスク

10
 31 (加速器) 本体
 32 環状通路
 33 高周波電極
 34 高周波電源
 35a, 35b, 36a, 36b 電極 (ビーム偏向手段)
 60 イオン注入装置
 61 加速器
 62 (加速器) 本体
 63A~63C 環状通路
 64A~64C 高周波電極
 72 マスク部材
 W ウエーハ (被処理基体)

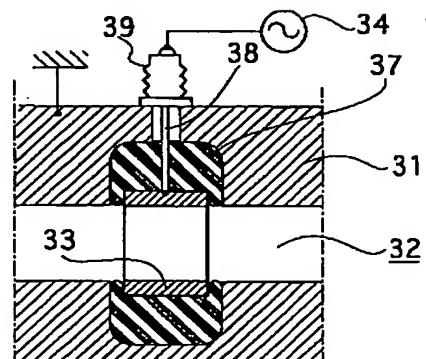
【図1】



【図2】

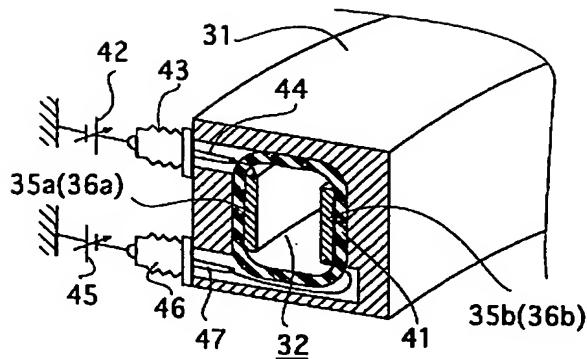


【図3】

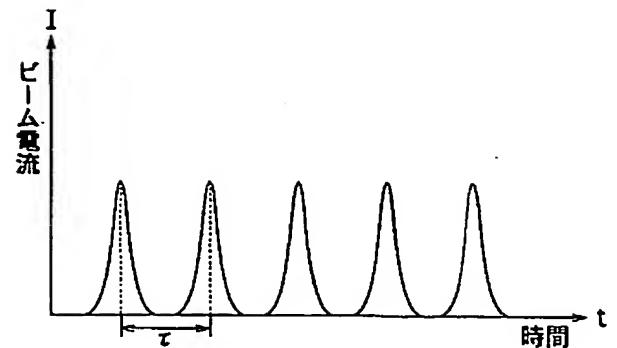


(7)

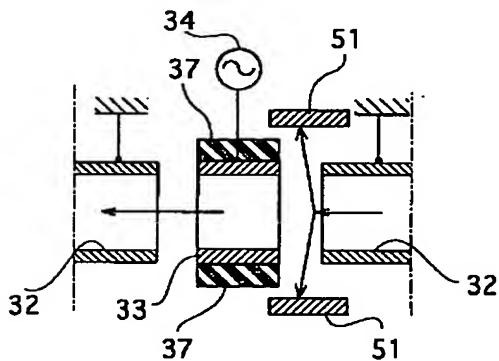
【図4】



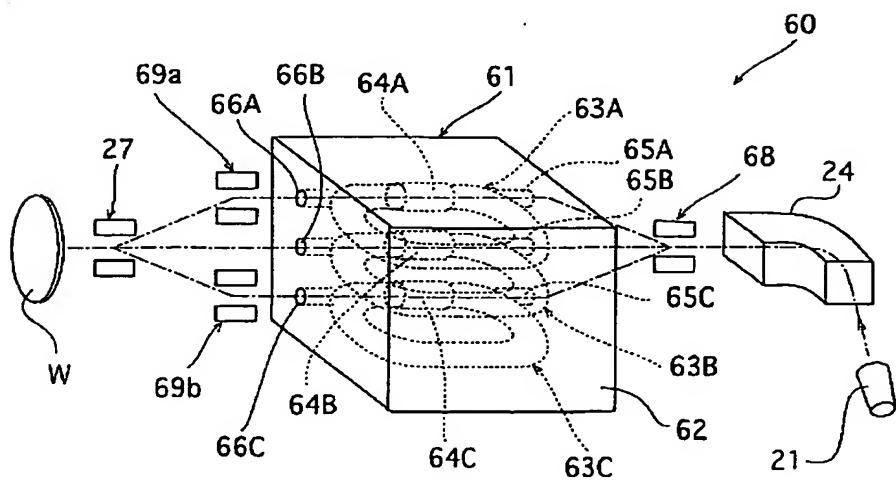
【図5】



【図6】

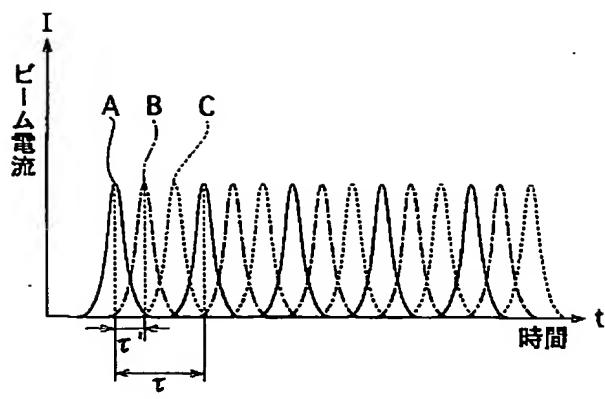


【図7】

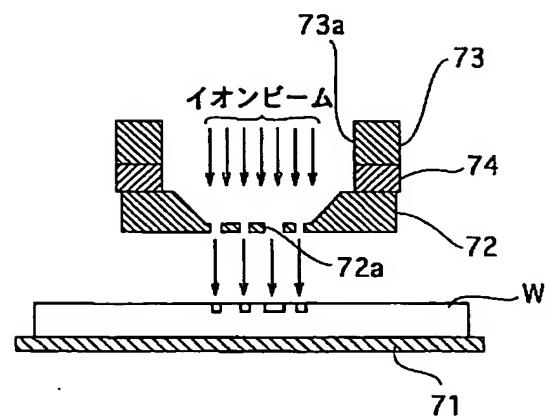


(8)

【図8】



【図9】



【図10】

